

УДК 681.3

С.В. АЛЕКСЕЕВ, Ю.И. ЛОСЕВ, О.А. ДРОБОТ

Харьковский университет Воздушных Сил, Украина

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТОКОЛАМ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫМИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье рассмотрены основные виды трафика перспективной единой системы обмена данными (ЕСОД) Вооруженных Сил (ВС) Украины. Приведены некоторые методики оценки допустимого времени доведения данных. Показано, что требования к времени доведения и достоверности различны для разных видов трафика. Определены основные требования к протоколам обмена данными в ЕСОД ВС Украины

система обмена данными, трафик, вероятностно-временные характеристики, время доведения, протокол, основные требования

Введение

Реформирование Вооруженных Сил (ВС) Украины имеет конечной целью создание профессиональной боеспособной армии, оснащенной современными средствами вооружения. Как показывает мировой опыт, для этого необходимо использовать не только новейшие технические разработки, но и обеспечить эффективное и надежное управление войсками.

Именно с этой целью в настоящее время создается единая АСУ ВС Украины, которая должна объединить все рода и виды ВС в едином информационном пространстве.

Для функционирования единой АСУ необходимо наличие соответствующей системы обмена данными (СОД). Поэтому одной из актуальных задач создания единой АСУ ВС Украины является организация единой системы обмена данными (ЕСОД), как составной части системы управления.

1. Анализ последних достижений

Период с 90-х годов XX века по настоящее время характеризуется быстрым развитием вычислительной техники и телекоммуникационных технологий. Этот процесс неизбежно затронул и ВС Украины. Прежде всего, он проявился в оснащении штабов и

командных пунктов (КП) компьютерной техникой и создании ряда новых АСУ, предназначенных для обработки специализированных данных, объем которых постоянно возрастает. Для каждой из этих АСУ были развернуты собственные обособленные СОД. Таким образом, в ВС Украины возросло как количество технических средств обработки и передачи данных, так и количество функционирующих СОД, что требует значительных технических и финансовых затрат.

В настоящее время система обмена данными ВС Украины базируется на использовании в основном аналоговой аппаратуры, разработанной 30 – 40 лет назад и имеющей ограниченные возможности обмена цифровыми данными. Кроме того, основой системы обмена данными ВС Украины является сеть общего пользования Единой национальной системы связи [1].

В общем виде сложившаяся ситуация в сфере обмена данными ВС Украины выглядит следующим образом:

- обмен данными между совместимыми объектами АСУ старого парка осуществляется с использованием аппаратуры передачи данных (АПД) различных типов;
- обмен компьютерным трафиком между локальными вычислительными сетями штабов и КП

осуществляется как по стандартным протоколам (TCP/IP, Frame Relay, ATM и др.), так и с применением состоящей на вооружении АПД в комплексе с программно-аппаратными средствами сопряжения;

– не обеспечивается информационно-техническая совместимость между разнотипными комплексами средств автоматизации различных видов и родов Вооруженных Сил.

Анализ текущего состояния СОД ВС Украины позволяет сделать вывод о том, что она не соответствует современным требованиям и не способна предоставить пользователям высококачественную связь с полным набором услуг [1].

Согласно [1], приоритетным направлением развития системы обмена данными ВС Украины является построение цифровой интегральной сети связи (ЦИСС), которая позволит создать единую транспортную среду для обмена всеми видами данных в интересах всех видов и родов войск. Основой ЦИСС будут цифровые коммутационные системы, объединенные цифровыми каналами в единую сеть.

2. Выделение нерешенной задачи

На данном этапе ЕСОД ВС Украины представлена только как концепция, которая не содержит конкретных требований.

Опыт создания цифровых сетей с интегрированными услугами уже имеется. Например, технология В-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network – широкополосная цифровая сеть с комплексными услугами), базирующаяся на ATM [2]. Но высокоскоростные технологии передачи данных предполагают наличие качественных каналов связи. В частности, технология ATM ориентирована на применение оптоволокон [2, 3]. Очевидно, что данное решение неприемлемо для мобильных объектов. Поэтому следует признать, что ЕСОД будет, прежде всего, мультипротокольной системой.

При выборе протоколов для ЕСОД необходимо учитывать не только их характеристики, но и воз-

можность сопряжения с эксплуатируемыми и перспективными сетями связи в Украине. Так, в настоящее время проводятся работы по созданию «Державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)» [4]. С этой точки зрения ЕСОД ВС Украины будет являться одной из ее подсистем и, соответственно, должна обладать возможностью информационно-технического сопряжения с ней. Кроме того, следует учесть возможную необходимость обеспечения обмена данными с иностранными государствами, в частности, в соответствии со стандартами НАТО [5].

Одной из важнейших функций любой СОД является обеспечение информационного обмена. Реализация этой функции возлагается на протоколы обмена данными. Поэтому для создания перспективной ЕСОД ВС Украины необходимо определить основные требования к протоколам обмена данными в ней.

3. Цель статьи

Цель статьи: определить основные требования к протоколам обмена данными ЕСОД ВС Украины.

4. Основной материал

В соответствии с семиуровневой моделью OSI к СОД относят четыре нижних уровня: физический, канальный, сетевой и транспортный. Каждый из них решает определенные задачи и предоставляет набор услуг для вышестоящего уровня. Совокупность правил взаимодействия объектов одноименных уровней принято называть протоколом. Совокупность протоколов всех уровней называют стеком протоколов. Все наиболее широко применяемые стеки протоколов стандартизированы. К ним относятся стеки OSI, TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, Frame Relay, ATM и др. [3, 6]. В настоящее время самым распространенным считается стек протоколов TCP/IP.

Все функционирующие и создаваемые СОД должны обеспечивать доставку информации от источника к получателю. Фактически СОД является транспортной системой, предоставляющей пользователям определенные услуги. Наряду с этим она может выполнять ряд дополнительных функций и предоставлять пользователям расширенный сервис.

На нижних уровнях системы управления выдача информации обычно осуществляется на один вышестоящий объект. Поэтому в нижних звеньях единой системы обмена данными для передачи данных достаточно канального уровня. Подобное решение применено в протоколе ASTERIX ACU управления воздушным движением Украины и функционирующих СОД ACU Военно-воздушных Сил и Противовоздушной обороны.

На более высоких уровнях необходимы протоколы, обеспечивающие маршрутизацию трафика. Эти протоколы будут относиться к группе специализированных.

Процесс обмена информацией между абонентами может осуществляться дейтаграммным способом или посредством процедур с установлением соединения.

При дейтаграммном способе передача данных производится наиболее быстро, так как никаких предварительных действий перед отправкой данных не производится, но не гарантируется доставка пакетов. Процедуры с установлением соединения более надежны, но требуют больше времени для передачи данных и затрат вычислительных ресурсов узлов сети. При этом обмен данными включает фазы соединения, передачи информации и разъединения. Кроме того, в отличие от дейтаграммных процедур, поддерживающих один тип кадров (информационный), процедуры с установлением соединения должны поддерживать несколько типов кадров (обычно – служебные и информационные), что неизбежно приводит к усложнению протоколов обмена данными [3].

Процедуру установления соединения используют для достижения различных целей [3]:

- для взаимной аутентификации пользователей или маршрутизаторов;
- для согласования изменяемых параметров протокола (максимального размера кадров, длительности тайм-аутов и т.п.);
- для обнаружения и коррекции ошибок (инициализация нумерации кадров);
- при динамической настройке коммутаторов сети для маршрутизации всех последующих кадров в рамках данного логического соединения (например, в протоколах X.25, Frame Relay, ATM).

В некоторых случаях бывает желательно отсутствие установления соединения для пересылки коротких сообщений, но существенно надежность их доставки. Такие процедуры называют дейтаграммными с подтверждениями [2].

Выбор той или иной процедуры обмена данными определяется, прежде всего, видом передаваемых данных, а именно: требованиями к времени доведения и достоверности. Таким образом, протоколы перспективной единой системы обмена данными ВС Украины должны обеспечивать возможность дейтаграммной передачи данных, а при необходимости – установление соединений между пользователями, обмен информацией и разъединение абонентов по их сигналу.

Рассмотрим основные виды данных, которые могут передаваться в ЕСОД. Таковыми будут являться: оперативно-тактическая информация (ОТИ), радиолокационная информация (РЛИ), компьютерный трафик, голос и видео (мультимедийный трафик).

Каждый из этих видов трафика обладает индивидуальными особенностями.

Данные ОТИ обычно подразделяют на несколько категорий. К каждой из них предъявляются требования по времени доведения и достоверности информации. Этот вид трафика может обладать значительными пульсациями.

Одним из важнейших критериев при обработке ОТИ является оперативность выполнения задач, т.е. возможность их решения в строго заданные сроки. Поэтому оценка допустимого времени доставки ОТИ может быть получена на основе анализа процесса автоматизированного управления подчиненными объектами.

Время решения задачи ($T_{р.з}$) в общем случае зависит от времени сбора и доведения данных ($T_{с.д}$), времени анализа информации и принятия решения ($T_{пр}$), времени доведения решения подчиненному ($T_{д.п}$) (рис. 1). Каждая из этих составляющих характеризует этапы решения задачи на различных уровнях и зависит как от быстродействия технических средств, так и от человека (навыки оператора, опыт принятия решений и т.д.).

Время сбора и доведения данных можно определить как

$$T_{с.д} = \Delta t_{н.д} + \Delta t_{в.д} + \Delta t_p + \Delta t_{отоб}, \quad (1)$$

где $\Delta t_{н.д}$ – время подготовки данных; $\Delta t_{в.д}$ – время ввода данных (нажатие клавиши, набор текста, сканирование и т.д.); Δt_p – время реакции сети; $\Delta t_{отоб}$ – время отображения данных (на экране, на принтере и т.п.).

Время реакции сети является интегральной характеристикой производительности сети с точки зрения пользователя. В общем случае оно определя-

ется как интервал времени между возникновением запроса пользователя к какой либо службе и получением ответа на этот запрос [3]. Тогда время реакции сети можно представить как

$$\Delta t_p = \Delta t_{в.с} + \Delta t_{дос} + \Delta t_{обр} + \Delta t_{з.о}, \quad (2)$$

где $\Delta t_{в.с}$ – время вхождения в связь; $\Delta t_{дос}$ – время доставки данных по каналам связи (КС); $\Delta t_{обр}$ – время обработки данных средствами автоматизации; $\Delta t_{з.о}$ – время завершения обмена данными.

Время принятия решения:

$$T_{пр} = \Delta t_{в.о} + \Delta t_{п.р}, \quad (3)$$

где $\Delta t_{в.о}$ – время восприятия и обработки информации; $\Delta t_{п.р}$ – время принятия решения.

Время доведения решения подчиненному:

$$T_{д.п} = \Delta t_{н.п} + \Delta t_{в.п} + \Delta t_p + \Delta t_{отоб}, \quad (4)$$

где $\Delta t_{н.п}$ – время подготовки распоряжения для подчиненного; $\Delta t_{в.п}$ – время ввода распоряжения.

Обычно для любой СОД время обмена данными не должно превышать 10 – 20% от суммарного времени их обработки в системе: $T_{обм} \leq 0,1 \dots 0,2 \cdot T_{обр}$.

Тогда время реакции сети: $\Delta t_p \leq \frac{0,1 \dots 0,2}{2} \cdot T_{р.з}$.

Таким образом, допустимое время доставки ОТИ определяется временными ограничениями на решение той или иной задачи автоматизированного управления.

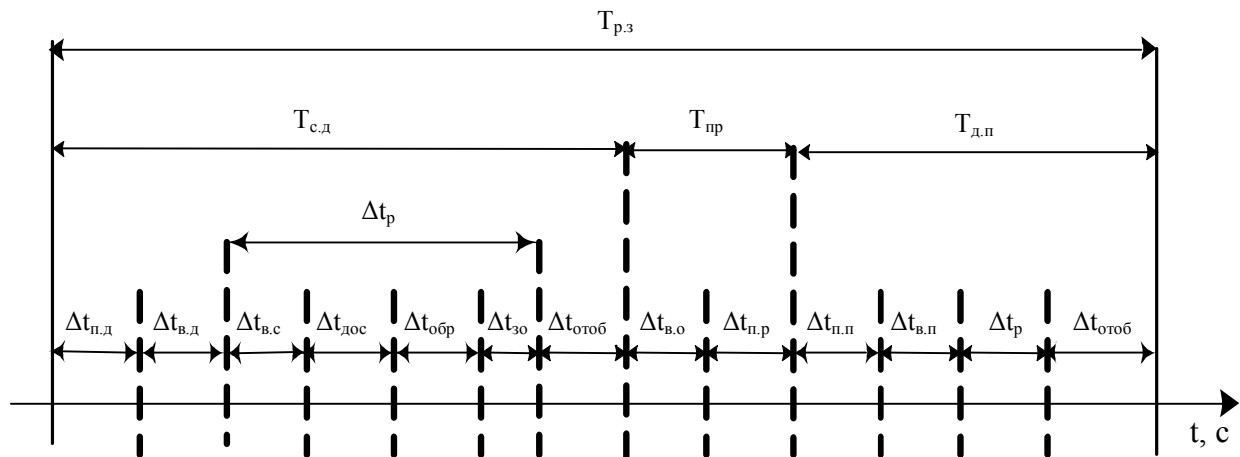


Рис. 1. Процесс автоматизированного решения задачи управления

Потоки РЛИ характеризуются малой интенсивностью. Пульсации этого трафика невелики и медленно изменяются во времени. Для пакетов РЛИ критично время доведения, но потеря или искажение данных могут быть компенсированы экстраполяцией траектории воздушных объектов на объекте-получателе информации.

Одна из возможных методик оценки допустимого времени передачи РЛИ приведена в [7]. При этом допустимое время передачи РЛИ через КС определяется как

$$T_{дон}^{РЛИ} = \frac{3}{V_{max}} \sqrt{\delta_{\Sigma}^2 - \frac{1}{m} [0,84(4^m - 1) \cdot \delta^2 P_o^2]} - K_{q,l}, \quad (5)$$

$$K_{q,l} = \frac{2[(q-1)(2q-1) + 6l(q-1) + 6l^2]}{q(q^2-1)} \delta^2,$$

где V_{max} – максимальная скорость воздушных объектов; δ_{Σ}^2 – допустимая дисперсия суммарной ошибки по координате; m – число двоичных разрядов для представления координаты в пакете данных; δ^2 – среднеквадратическая ошибка измерения координаты; P_o – вероятность искажения единичного элемента в КС; q – количество используемых при сглаживании измерений; l – число экстраполируе-

мых периодов обзора радиолокационных средств (РЛС) (обычно экстраполяция осуществляется на один период обзора: $l = 1$).

Как видно из приведенных расчетных значений (табл. 1), полученных в соответствии с формулой (5), $T_{дон}^{РЛИ}$ уменьшается при увеличении V_{max} , m ; увеличивается при уменьшении q , δ , δ_{Σ} , P_o . При этом наиболее существенное влияние оказывают V_{max} , q и отношение δ_{Σ} к δ .

Оценка допустимого времени передачи РЛИ через КС может быть также получена исходя из количества воздушных объектов, обрабатываемых объектами автоматизации.

Пусть N_{max} – максимальное количество обрабатываемых воздушных объектов. За 1 период обзора ($T_{обз}$) необходимо выдать потребителям РЛИ о всех воздушных объектах. Тогда

$$T_{дон}^{РЛИ} = T_{обз} / N_{max}.$$

Проведенные расчеты показывают (табл. 2), что $T_{дон}^{РЛИ}$ уменьшается при увеличении числа обрабатываемых воздушных объектов и уменьшении периода обзора РЛС.

Таблица 1

Расчетные значения допустимого времени передачи РЛИ

V_{max} , м/с	q	l	δ , м	δ_{Σ} , м	m , бит	P_o	$T_{дон}^{РЛИ}$, с
1000	5	1	500	1000	12	10^{-4}	2,549
1000	5	1	500	1000	14	10^{-4}	2,484
1000	5	1	500	550	13	10^{-4}	0,387
1000	5	1	500	550	13	10^{-5}	0,497
3000	5	1	500	550	13	10^{-4}	0,129
3000	5	1	1000	1100	13	10^{-4}	0,258
3000	6	1	1000	1100	13	10^{-4}	0,548

Таблица 2

Зависимость допустимого времени передачи РЛИ от количества воздушных объектов и периода обзора РЛС

N_{max}	20	120	250	20	120	250
$T_{обз}$, с	10	10	10	6	6	6
$T_{дон}^{РЛИ}$, с	0,5	0,083	0,04	0,3	0,05	0,024

Таким образом, допустимое время передачи РЛИ через КС будет определяться характеристиками РЛС и максимальными параметрами, принятыми в системе управления.

Компьютерный трафик, как известно, достаточно объемен, может иметь большие пульсации и чаще всего требует восстановления потерянных и искаженных данных. В большинстве случаев время доведения не критично (например, загрузка файлов с сервера) и определяется пропускной способностью и качеством КС пользователя, а также производительностью источника данных. Возможна также и передача трафика реального времени, имеющего жесткие требования к времени доведения.

Мультимедийный трафик наиболее объемен и критичен к задержкам, но менее чувствителен к потерям и искажениям данных.

Для передачи несжатого аудиосигнала в цифровых телефонных системах применяется импульсно-кодовая модуляция с частотой дискретизации 8 КГц (при этом составляющие сигнала с частотами выше 4 КГц теряются). Требуемая скорость передачи данных составляет 64000 бит/с для 8-битовых отсчетов (56000 бит/с для 7-битовых отсчетов). Аудиокомпакт-диски хранят сигнал, оцифрованный с частотой дискретизации 44100 Гц. Каждому отсчету отводится 16 бит. Требуемая скорость передачи данных составляет 705,6 Кбит/с для монофонического сигнала и 1,411 Мбит/с для стереофонического сигнала [2].

Для передачи цифрового видео на XGA-экране (1024×768) при 24 битах на пиксель и 25 кадрах в секунду необходим поток данных со скоростью

472 Мбит/с. Для системы NTSC при размере кадра 352×240 пикселей – 50,7 Мбит/с [2].

В современных цифровых сетях, как правило, передача мультимедийной информации осуществляется в сжатом виде.

Наиболее распространенный формат сжатого аудио – MPEG-1. Он позволяет получить поток сжатых аудиоданных со скоростью от 32 до 448 Кбит/с. Разработанные методы сжатия видеoinформации также позволяют получить значительное уменьшение требуемых скоростей передачи данных (табл. 3). Формат MPEG-1 был разработан для получения выходного потока данных качества бытового видеоманитофона. Стандарт MPEG-2 разрабатывался для сжатия видеофильмов качества широкоэ вещания. Стандарт MPEG-4 был предназначен для обеспечения видеоконференций. В настоящее время формат MPEG-4 доминирует на видео компакт-дисках, формат MPEG-1 (уровень 3) конкурирует с обычными аудиодисками, а MPEG-2 используется на DVD-дисках [2].

Задача выбора стека протоколов для передачи видео по заказу окончательно не решена. Наиболее вероятно применение технологии ATM. Но и здесь остается вопрос о выборе соответствующего адаптационного протокола. Так, протокол AAL1 был специально разработан для передачи видео. Он соответствует категории службы CBR. Но резервирование максимальной необходимой пропускной способности очень дорого, тем более что поток видео в формате MPEG представляет собой трафик с переменной скоростью (VBR). Наиболее вероятно при-

Таблица 3

Основные характеристики потоков сжатого видео

Формат сжатого видео	Частота кадров, кадров/с	Разрешение, пикселей	Скорость передачи данных
MPEG-1	25	352 × 240	1,2 Мбит/с
MPEG-2	25	352 × 240, 720 × 480, 1440 × 1 152, 1920 × 1080	3 ... 100 Мбит/с
MPEG-4	10	Среднее разрешение	64 Кбит/с

менение протокола AAL5. Он не привязан к службе CBR и пересылка большого блока MPEG в каждом сообщении позволит использовать почти 100% пропускной способности для видеопотока.

Недостатком протокола AAL5 в данном случае является его обработка ошибок. Поэтому все большее число разработчиков предлагают изменить этот протокол так, чтобы пользователь мог получать даже искаженные пакеты данных (с признаком наличия ошибок) [2].

Следует отметить, что выбор размера ячейки в АТМ был обусловлен задержкой пакетизации замеров голоса. Так, для 48 байт информационной части задержка пакетизации замеров голоса, сделанных с интервалом 125 мкс, составляет 6 мс, что близко к пределу нарушения качества передачи голоса [3]. Кроме этого сокращается время ожидания доступа к КС. Тем не менее, недостатками АТМ можно считать достаточно высокую избыточность служебной информации – 10% и ориентацию на высококачественные КС (обычно – оптоволокно).

Как следует из проведенного выше анализа различных типов трафика, передаваемые в единой системе обмена данными данные имеют различные требования ко времени доведения, достоверности и скорости передачи.

Обмен данными осуществляется по каналам связи, вносящим ошибки.

Если для передачи данных используются КС, в которых потери и искажения достаточно редки, на канальном уровне могут применяться протоколы без устранения ошибок. В этом случае потерянные и искаженные данные восстанавливаются за счет повторных передач, осуществляемых транспортным уровнем.

Если потери и искажения происходят часто, желательно уже на канальном уровне использовать протоколы с коррекцией ошибок. Так, например, в сетях X.25, рассчитанных на работу по ненадежным КС, на канальном уровне всегда применялись про-

токолы с восстановлением потерянных и искаженных пакетов [3].

Выбор уровня, с которого следует осуществлять восстановление потерянных и искаженных данных определяется качеством применяемых каналов связи и обусловлен тем, что протоколы верхних уровней работают с большими тайм-аутами, и, следовательно, восстановят данные с большей задержкой.

Таким образом, протоколы должны предусматривать меры борьбы с возникающими ошибками и обеспечивать выполнение требований по достоверности доставки сообщений.

При передаче ОТИ и компьютерного трафика отправитель должен быть уверен, что информация получена адресатом. Для этого необходимо квитирование.

Обмен данными в системе обмена данными осуществляется между многими абонентами. Поэтому протокол должен однозначно определять адреса отправителя и получателя информации.

Для борьбы с возможными перегрузками отдельных направлений необходима возможность управления скоростью передачи данных.

Передаваемая информация может иметь различную категорию срочности и важности. Следовательно, необходимо обеспечить приоритетность данных.

Потоки передаваемой информации в АСУ будут увеличиваться. Скорость передачи данных по каналам связи ограничена. Одним из методов повышения скорости передачи является сжатие информации.

Известно, что на сжатие и декомпрессию данных затрачивается дополнительное время. По данным, которые приведены в [3], выгоды во времени от сжатия данных заметны для низкоскоростных каналов связи со скоростью модуляции меньше 64 Кбит/с. Причем многие программные и аппаратные средства могут выполнять динамическую компрессию данных.

Поэтому протоколы ЕСОД должны предусматривать сжатие (при необходимости) или применение других методов сокращения объема передаваемых данных.

Для обеспечения безопасности данных необходимы протоколы, реализующие борьбу с несанкционированным доступом и вводом ложной информации.

Выводы

Таким образом, протоколы обмена данными ЕСОД должны обеспечивать:

- возможность дейтаграммной передачи данных, а при необходимости – установление соединений между пользователями, обмен информацией и разъединение абонентов по их сигналу;
- требуемые вероятностно-временные характеристики;
- борьбу с ошибками в КС;
- квитирование (при необходимости);
- адресацию данных;
- управление скоростью передачи данных;
- приоритетность потоков данных;
- сжатие данных (при необходимости);
- борьбу с несанкционированным доступом и вводом ложной информации.

Все эти требования могут быть выполнены при использовании стандартных протоколов физического, канального, сетевого и транспортного уровней.

Перспективы дальнейших исследований

Из рассмотрения современных информационных технологий можно сделать общий вывод о том, что все протоколы разрабатывались для решения конкретного типа задач в заданных условиях и обеспечивают выполнение предъявляемых к ним требований. Поэтому окончательное решение о выборе того или иного конкретного протокола для единой сис-

темы обмена данными Вооруженных Сил Украины должно основываться на анализе его вероятностно-временных характеристик и соответствии их заданным критериям для определенных условий применения.

Литература

1. Семеріч Ю. Автоматизація системи управління: реальність та перспектива // Військо України. – 2003. – № 1 – 2. – С. 9 – 11.
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – С.-Пб.: Питер, 2002. – 848 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд. – С.-Пб: Питер, 2005. – 864 с.
4. Концепція створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження). – [Електр. ресурс] – Режим доступа: <http://www.nkau.gov.ua/> / 18.01.2005.
5. Семенченко А.І., Косогов О.М. Военная реформа: методичні та практичні аспекти // Україна–НАТО. – 2004. – № 3. – [Електр. ресурс] – Режим доступа: <http://www.mil.gov.ua/> / 18.01.2005.
6. Протоколы информационно-вычислительных сетей: Справочник / С.А. Аничкин, С.А. Белов, А.В. Бернштейн и др.; Под ред. И.А. Мизина, А.П. Куликова. – М.: Радио и связь, 1990. – 504 с.
7. Марченко С.И., Алексеев С.В., Лосев Ю.И. Обоснование допустимого времени доставки радиолокационной информации в сети обмена данными АСУ ВВС // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т “ХАІ”. – 2001. – Вип. 22. – С. 250 – 252.

Поступила в редакцию 24.01.2005

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. В.В. Поповский, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков.